Course of programmable logic control (PLC) in distance learning

Joaquin Ros

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Terrassa, ascrita a la Universidad Politécnica de Cataluña
rosf@ee.upc.edu

Abstract: The experience and content of a PLC course developed for distance learning (ODL) is presented. The course aims to introduce the student into the automation world of industrial processes allowing him/her the acquisition of a certain level of PLC programming as well as its internal operation. The background required is: basic knowledge on electricity and computers at user level. A CD-ROM with the theoretical contents, a dossier with written documentation will be delivered to each student. Access to the virtual campus is also facilitated. Each chapter includes a section with practical exercises on its own content. Those exercises that can be self-corrected by the student require the connection to the net.

Keywords: Automats, PLCs.

1. Introducción y objetivos.

Se trata de relatar: los objetivos, el desarrollo, los trabajos, los contenidos, el funcionamiento y la puesta en marcha de un curso de autómatas programables a distancia.

El curso de autómatas programables no presencial, tiene como objetivo principal la implantación dentro de la enseñanza de módulos de automatización industrial, de un curso de especialización del elemento de control por excelencia, que es el autómata programable, en la modalidad a distancia. El estudiante que desea seguir este curso, lo podrá realizar desde cualquier lugar, con el único requisito de tener que disponer de un PC conectado a la Red.

Se ha preparado un curso básico de autómatas programables, dado que éste es el elemento de control más utilizado en los sistemas industriales automatizados. Va dirigido a: personas de empresa que tengan la necesidad de introducirse en el mundo de la automatización industrial, y que posean unos conocimientos muy elementales de éste (formación continua), en paro (formación ocupacional) discapacitados (formación especial), de ambos sexos (igualdad de oportunidades). Sólo deberán aportar conocimientos básicos de electricidad, electrónica digital y mecánica, de esta manera poder seguir el curso con la seguridad de tener unas bases tecnológicas suficientes para un buen aprovechamiento del mismo.

F. J. García et al. (Eds.),
Virtual Campus 2006 Post-proceedings. Selected and Extended Papers, 167-180

Desde enero de 2004 se imparte a través de la Fundación Politécnica de Cataluña (España) con una duración aproximada de 4 meses, en régimen no presencial.

2. Viabilidad del proyecto.

Diversos profesores del colectivo Automatización Industrial de Terrassa (CAIT) perteneciente a la EUETIT (*Escola Universitaria d'Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa*) ascrita a la UPC (*Universitat Politécnica de Catalunya*) en el que venían desarrollando una actividad académica de más de quince años en el campo de la automatización industrial, teniendo com a elemento de control al autómata programable.

Un proyecto Leonardo financiado por la Unión Europea nos hizo tomar conciencia de la importancia e interés que mostraba la industria e Instituciones como el INEM. Se observó que en otros lugares de Europa, otros colegas europeos intentaban realizar una red de laboratorios reales y virtuales en la Red, entonces se pensó que ésta sería una línea de trabajo para el futuro y una buena fuente de inspiración para proyectos de ámbito internacional. En la actualidad existe un interés creciente para la obtención de formación específica, aplicando las nuevas tecnologías y por otra parte existe la duda que la enseñanza a distancia fuese viable para las enseñanzas técnicas.

Se pensó en un curso no presencial e inicialmente los primeros pasos eran en facilitar un autómata a cada estudiante, posibilidad que resultó económicamente inviable por su alto coste. Por el contrario, realizar las prácticas a través de Internet era mucho más barato debido a la economía de escalas aplicada y posibilitaba a la realización de ejercicios más complejos ya que el autómata dispone de funciones implementadas y una conexión real de entradas y salidas físicas.

3. Inicio del curso.

Las ideas básicas para la puesta en marcha del mismo comenzaron, cuando los principales fabricantes de autómatas, incorporaron en los mismos, un módulo de conexión a red. De esta manera, configurando una dirección IP al mismo e incorporando un software, diseñado y distribuido por éstos, se podía establecer la conexión al PLC (*Programable Logic Controller*) desde cualquier ordenador conectado a red. A partir de esta incorporación, se puede programar, cambiar el programa, testear, etc., del autómata, a través de la conexión Internet, el módulo que se suministra aparte del PLC va conectado en el bus principal del mismo, permitiendo la accesibilidad a la CPU (*Central Processing Unit*) del PLC, y por tanto al programa que reside en su memoria.

4. Colaboradores.

Se contactó con la escuela Multimedia y se le encargó la misión del soporte técnico en la elaboración del material, la escuela propuso a un estudiante de último curso, con suficiente experiencia en trabajos multimedia, se contrató a este como becario en el grupo de trabajo y los trabajos resultantes le sirvieron para su Trabajo Final de Carrera (TFC), por tanto la misma Escuela le asignó a un profesor-tutor para que le guiara en el desarrollo del trabajo.

Comienza éste con la elaboración de un CD activo, cuyo contenido básico teórico es marcado por los profesores responsables del proyecto final, miembros del CAIT, que elaboran a su vez los cuestionarios de auto-evaluación al final de cada capítulo.

Se contacta con los fabricantes del autómata, que en este caso fue el GRUPO SCHNEIDER y también con la empresa FESTO. Con estos se discuten los contenidos y el orden en que deberán aparecer en el CD, las prácticas, la distribución del software, de la documentación sujeta a *copyricht* de uso por los estudiantes, siendo necesario la solicitud de los permisos de utilización de su documentación técnica para su utilización en el proyecto.

También se contacta con la Fundación Politécnica de Catalunya (FPC) para que se encargue de la difusión, propaganda, matriculación y expedición del título final que tiene el reconocimiento de curso de especialización expedido por la Universitat Politécnica de Catalunya. La FPC es un elemento imprescindible para poder instaurar el curso que además, se encarga de la edición del material, envío por correo, facilita los *passwords* de acceso al Campus Virtual, donde se deberán dejar los nuevos materiales, entre las tareas que se le ha asignado.

5.- Planteamientos iniciales.

En este apartado se presentan los planteamientos iniciales del curso.

Para estructurar este curso, desde un punto de vista pedagógico, se ha comenzado por un planteamiento de objetivos finales que debería asumir el estudiante que se matriculara en el mismo, a partir de aquí se plantearon los conocimientos teóricos que debería adquirir y finalmente se estructuraron las prácticas on–line que debería realizar para finalizar el curso, y que le llevarán a conseguir un nivel básico de programación, todo ello desde su propio domicilio o lugar de trabajo, es decir a distancia.

Fundamentalmente el objetivo final de este curso es la de aprender a programar autómatas, para ello el estudiante debe partir de unos conocimientos teóricos básicos, utilizar las nuevas tecnologías, para ello se prepararon unos conocimientos teóricos necesarios que debería conocer, previos a la realización de programas prácticos que deberá realizar el estudiante al acabar el curso, para poder lograr el objetivo indicado anteriormente.

Tal y como se ha apuntado en los anteriores capítulos, se ha escogido el autómata programable debido a que es el elemento fundamental de control para un sistema industrial automatizado. Antes de pasar a los contenidos teóricos del CD, tenemos que indicar que éste lo ha confeccionado un alumno de último curso de la Escuela Multimedia, ubicada en el Campus de Terrassa y que le valió también para la presentación de su Trabajo Final de Carrera (TFC).

El software básico utilizado ha sido el Director y para la realización de los dibujos que contiene, se ha utilizado Flash. Para la teoría se han utilizado los que han editado Schneider, para la parte eléctrica y electrónica y Festo para la parte de neumática. Por tanto los contenidos teóricos del CD y que a su vez se ajustan a los objetivos del curso, que deberá conocer el estudiante se estructuraron de la siguiente forma:

Capítulo 1.- INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.
Para poder comprender donde estará situado el autómata programable, se deberá conocer el funcionamiento de un sistema industrial automatizado en él, el autómata programable es el órgano de control del sistema.

Los componentes que forman parte de este sistema se indican en el siguiente gráfico de la figura 1

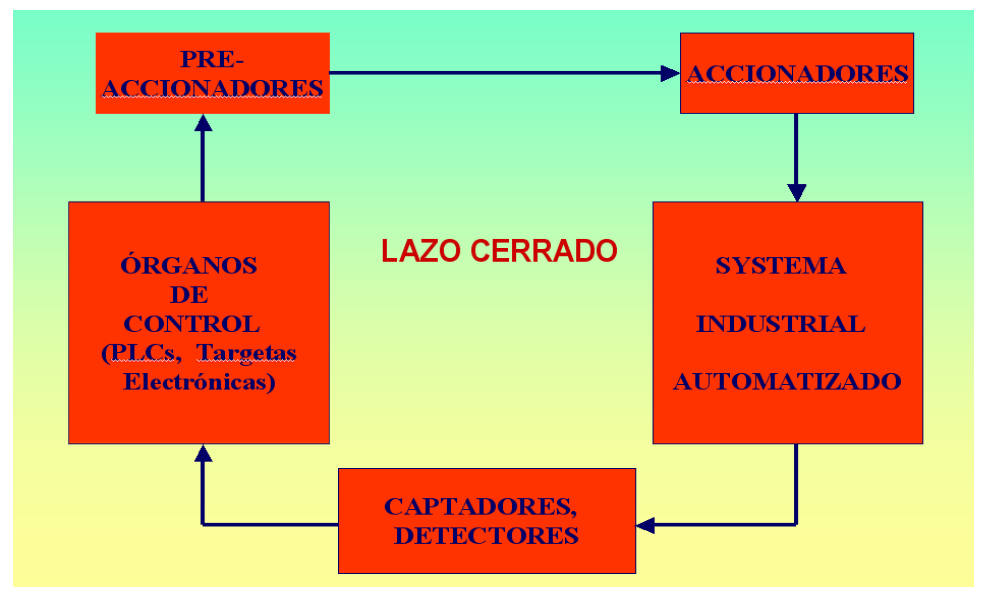


Fig. 1.- Gráfico que representa el lazo de un sistema automatizado industrial.

En el CD teórico se ha realizado una introducción, con un ejemplo general de un sistema automatizado industrial en el que se reflejan los elementos integrantes del gráfico.

El alumno deberá observar atentamente la función de control que realiza el autómata sobre el sistema, por mediación de las salidas, envía señales de acción a los accionadores, que a su vez serán los encargados de mover las máquinas del sistema productivo, como contrapartida el sistema emitirá otras señales que a través de los captadores-detectores harán llegar a las entradas del autómata, la situación de las órdenes emitidas al sistema, es decir, servirán de fiscalizadores de que la producción se desarrolla adecuadamente.

En la figura 2 se observa un ejemplo de la teoría correspondiente a este capítulo

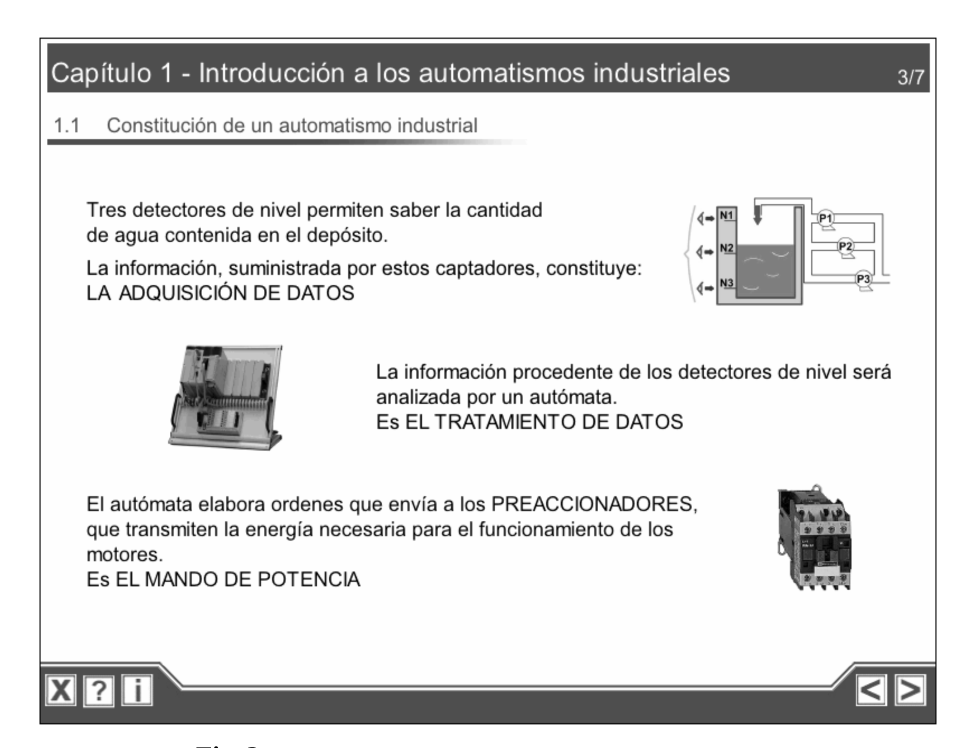


Fig. 2.- Ejemplo dela teoria correspondiente al capítulo 1.

Capítulo 2.- ACCIONADORES Y DETECTORES.

Una vez el alumno ha asumido lo que es un sistema automatizado industrial, en este capítulo se analizan, por una parte, los accionadores que se utilizan para mover las máquinas del sistema, con ejemplos reales de funcionamiento de los mismos, por ejemplo existe la descripción del motor eléctrico y de los elementos neumáticos que componen a los diferentes accionadotes.

Lo mismo ocurre con los detectores y captadores, estos elementos son muy importantes, a la hora de escoger, ya que deberán informar al órgano de control (autómata) de los movimientos que se producen en el sistema automatizado.

Tanto los accionadores como los detectores son los elementos más importantes para el diseño de los distintos programas que se deberán diseñar, en función del funcionamiento del sistema industrial, por tanto el alumno deberá ver estos elementos como las piezas básicas de las prácticas que se propondrán al final del curso, ya que a una orden emitida por el autómata deberá tener en cuenta que el sistema emitirá otra de comprobación, de que esta orden se ha cumplido, evitando de esta manera órdenes repetidas, redundantes o falsas.

En la figura 3 se puede observar un ejemplo, en el que se contempla la justificación de la utilización del motor eléctrico como accionador en un sistema industrial automatizado

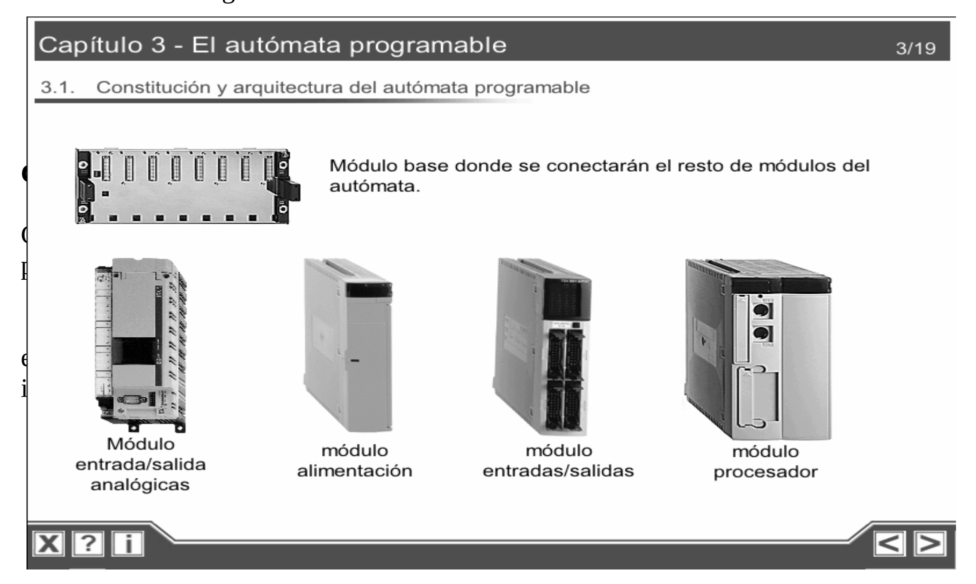


Fig. 3.- Ejemplo de la teoría de los accionadotes.

Capítulo 3.- AUTÓMATA PROGRAMABLE

En este capítulo se definen las características tanto técnicas como de uso del autómata, se define su arquitectura interna, la forma de instalación, así como también la guía que deberá tener el alumno para adquirir, dentro del mercado el automata

En la figura 4 se muestra la teoría del autómata programable, concretamente se muestran las posibilidades que ofrecen los fabricantes de autómatas programables de ofertar tipos de montaje en los cuadros de distribución eléctrica, en este caso concreto se muestra la configuración modular



de funcionamiento, en función del trabajo que deberá realizar el sistema industrial y a continuación deberá cargar este, en un lenguaje propio del autómata en el mismo.

En la figura 5 se muestra un ejemplo del lenguaje de programación GRAFCET, que es uno de los lenguajes más utilizados para programar los autómatas programables, además es el lenguaje que programarán los estudiantes en el presnete curso.

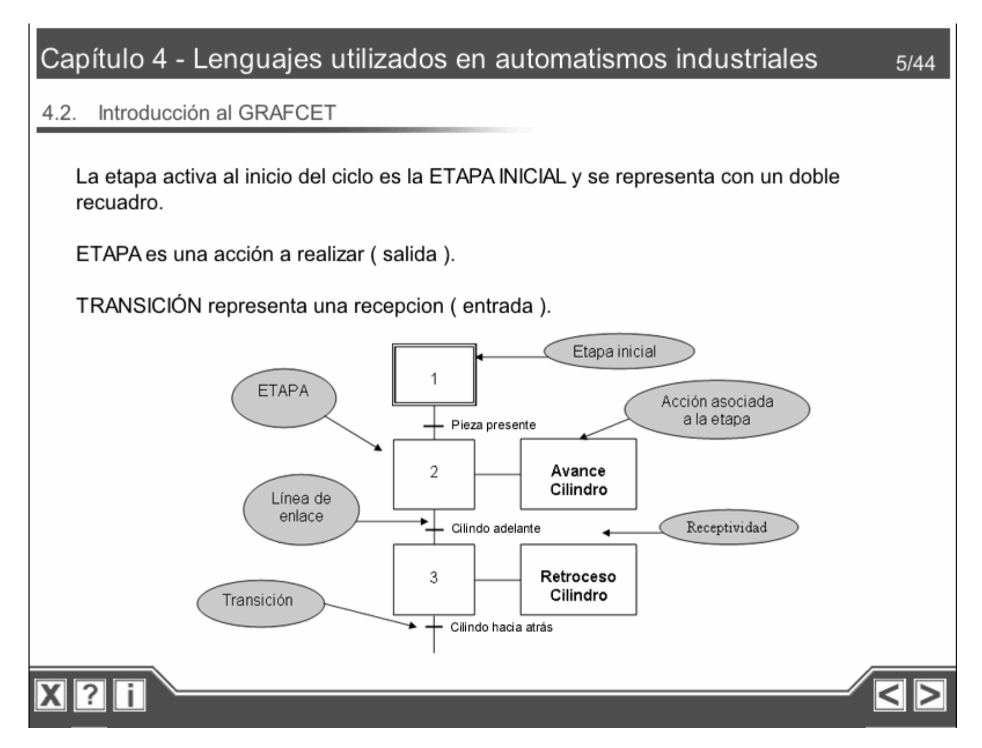


Fig 5.- Lenguaje GRAFCET de programación.

AUTO-EVALUACIÓN

Al final de cada capítulo se han estructurado unas auto-evaluaciones, en las que el alumno comprueba su asimilación de los contenidos teóricos vistos en cada uno de los capítulos descritos anteriormente

En la figura 6 se observa un ejemplo de una de las evaluaciones que contine el curso, en ella se observa la que corresponde al capítulo 3, concretamente a la teoría del autómata programable

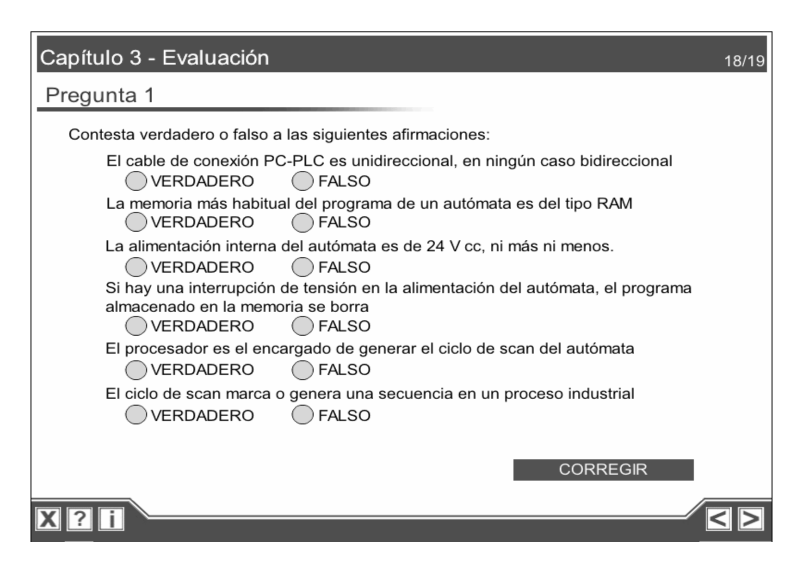


Fig 6.- Ejemplo de auto-evaluación

6. Funcionamiento inicial del curso.

Tal y como se ha indicado anteriormente, para poder comunicar a través de la red del PC al PLC, se deberá instalar en el primero, el software denominado "XIP DRIVER" facilitado por el fabricante, configurando en el mismo, la dirección "IP" del autómata, el número de estación del PLC y del PC, mientras que la dirección "IP" del PC se instala automáticamente. En la Figura 1 se muestra la carátula principal del XIP DRIVER, cuando se observa en el apartado "Connected", la aparición de un 1, podemos asegurar que existe comunicación entre el PC y el PLC.

En la figura 7 se muestra la carátula principal del software XIP DIVER que el estudiante recibe junto con el sofware de programación, el XIP DRIVER servirá de vehículo de comunicación entre el PC y el autómata programable

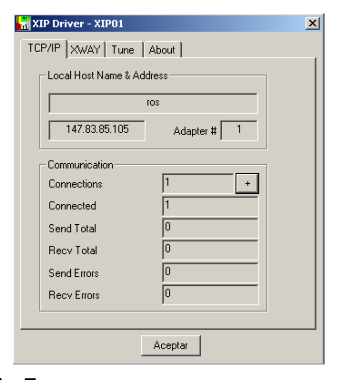


Fig 7.- Pantalla principal del XIP DRIVER.

A continuación y a través del software-editor del PLC, será cuando podremos enviar el programa al PLC, ver su evolución, ponerlo en "RUN" y/o "STOP", etc.

A partir de esta incorporación que significó para las industrias un ahorro sustancial, sobre todo en desplazamientos, para simplemente cambiar el programa del PLC, fue cuando surgió la idea de poner en marcha un curso de autómatas programables a distancia, aprovechando esta novedad, el estudiante desde su casa, lugar de trabajo, simplemente teniendo un PC conectado a red, con la instalación del software "XIP DRIVER" y del software-editor del PLC, podría perfectamente enviar sus prácticas propuestas al PLC, ensayarlas, testearlas y finalmente ver si en realidad se corresponden con las propuestas por el profesor-tutor.

En la fotografía que se muestra, en la Figura 8, se observa el PLC que está ubicado en la Escuela y que en su parte derecha se puede ver el módulo de comunicación.



Fig 8.- PLC instalado en la Escuela.

7. Material del curso.

Cuando un estudiante se matricula en este curso recibe una carpeta, como la que se muestra en la Figura 3 con los siguientes contenidos del curso:

- Presentación y saludo de bienvenida al curso.
- Metodología de funcionamiento del mismo (manual de usuario).
- Manual de funcionamiento del Campus Virtual.
- Como funciona el editor (software) del autómata que se utilizará.
- Características técnicas del automata.
- CD con los contenidos teóricos del curso.
- CD del editor del automata.
- Software de comunicación (XIP DRIVER).

Además recibirá el siguiente material:

- El número de la estación que deberá configurar en su PC, en el XIP DRIVER, y que le servirá para poder conectarse con el autómata programable.
- Un *password* para poder entrar en el Campus Virtual
- Las direcciones de los profesores-tutores y muy especialmente del que se le asigne.

En la figura 9 se observa la carpeta que contiene el material que recibirá el estudiante



Fig. 9.- Materiales del curso.

8. Campus virtual.

El campus virtual es una parte muy importante, es un espacio de encuentro con el profesor-tutor asignado, podrá entrar en un foro entre profesores y estudiantes matriculados, podrá resolver dudas, se puede entrar a bibliotecas para buscar bibliografía técnica especializada, conectar con empresas del sector, etc. También será un lugar de comunicación para posibles cambios en la estructura del curso, posibles cambios de direcciones electrónicas, de tener en cuenta los cambios en la estructura administrativa que se produzcan, etc.

En la figura 10 se observa una página correspodiente al Campus Virtual que contienen las características del curso, así como las instrucciones del mismo y la posibilidad de conexión con el profesor-tutor.

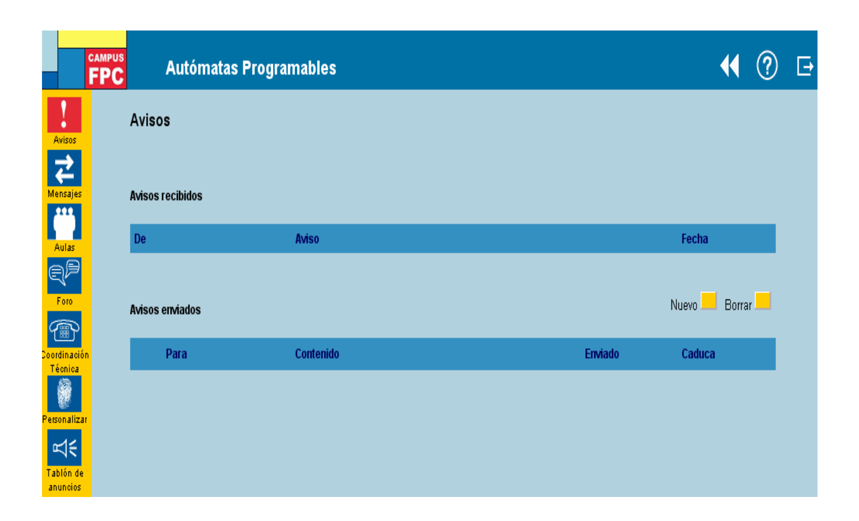


Fig. 10.- Página principal del campus virtual.

La parte pública de la WEB de la FPC es una gran ventana de difusión del curso entre los estudiantes de la UPC con otras Universidades, además de ofrecer diferentes opciones de enseñanza a toda la Comunidad que se sienta interesada por aprender otro tipo de docencia.

9. Prácticas.

Este es el capítulo o apartado que se considera el más importante del presente curso. Cuando el estudiante ha asimilado los contenidos teóricos del curso, del funcionamiento de un sistema automatizado industrial, de los componentes que lo integran, del autómata programable (su funcionamiento, instalación, arquitectura, de las señales utilizadas, etc.) de su lenguaje de programación, deberá estar preparado para la realización de las prácticas que los profesores-tutores le proponen y que están colocadas en un apartado del campus virtual. Para llevar a cabo el desarrollo de las prácticas el estudiante, que en el momento de la formalización de la matrícula y dentro de la carpeta que se le ha entregado, las realizará siguiendo el orden siguiente:

- Lectura de cada práctica, con los objetivos finales que deberá llegar.
- Relación de las entradas y salidas que utilizará (éstas están relacionadas en una lista en el campus virtual).
- Cargará el editor del autómata en su PC.
- Para saber el funcionamiento de este editor, deberá seguir las instrucciones de manejo que en la carpeta y en soporte papel está a su disposición.
- Para facilitar una mayor comprensión de la diseño y posterior entrada de la práctica al editor, el estudiante ya tiene desarrollada la 1ª práctica resuelta, para ello solo la deberá copiar y entrarla en el editor.

- Finalmente cuando tenga la seguridad de que la práctica está bien resuelta en el editor de su PC (trabajo fuera del autómata) observará, si a través del XIP DRIVER tiene conexión con el autómata, tal como se indicó en su momento, si aparece el número "1" en el apartado CONNECT, querrá decir que tiene conexión libre con el autómata y a continuación podrá descargar el programa hacia el autómata, el último paso cuando éste lo ponga en RUN, podrá observar en tiempo real la evolución del mismo.
- Una cámara de vídeo instalada en el lugar de residencia del autómata, capta las imágenes del sistema automatizado que ha sido programado y que ahora evoluciona en el momento de poner el autómata en RUN, el estudiante con la dirección de esta cámara podrá ver la evolución de su programa, cuando éste ha comprobado el buen funcionamiento de la práctica propuesta, la envía al profesor-tutor y pasa a realizar la siguiente, cuando ha finalizado todas las propuestas el curso habrá terminado.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo de la 1ª práctica propuesta y que ya está resuelta en la carpeta.

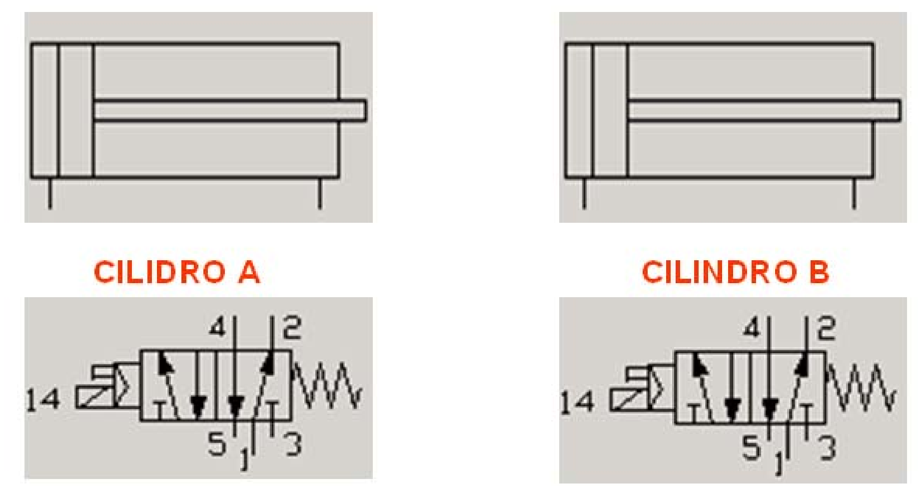


Fig. 11. Ejemplo de la 1ª práctica.

En esta práctica se propone que el estudiante programe la secuencia compuesta de dos cilindros neumáticos, de la siguiente manera:

- Primero sale el cilindro denominado "A", después el "B", a continuación el "A" se retraes y finalmente el "B", llegando nuevamente a la posición de reposo, todo ello con el control de puesta en marcha de un pulsador de marcha para el inicio de la secuencia.

El resto de las prácticas evolucionan en dificultad hasta llegar al objetivo final que se ha propuesto el curso que es la utilización de temporizadores y de contadores, con prácticas adecuadas a estos bloques de función.

10. Elementos conectados al autómata.

El autómata que está ubicado en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Terrassa, dispone de unas maquetas conectadas y que están compuestas del material necesario para poder realizar las prácticas propuestas. Así por ejemplo para poder diseñar y programar la práctica nº 1, el estudiante dispone de un panel compuesto de cilindros neumáticos y que están conectadas las bobinas de las electroválvulas correspondientes a las salidas del autómata, que están relacionadas en un archivo del campus virtual también los cilindros disponen de unos detectores inductivos, situados en la parte superior e inferior respectivamente y que envían la señal de presencia a las entradas del autómata.

La Figura 12 nos muestra una fotografía de los accionadores neumáticos conectados.



Fig.12. Accionadores neumáticos conectados.

Para la práctica de aplicación de temporizadores, se ha creado y a la vez se ha conectado al autómata un cruce de dos calles, con semáforos en las que el estudiante deberá programar este cruce, utilizando temporizadores.

En la Figura 13 se muestra la fotografía de este simulador.

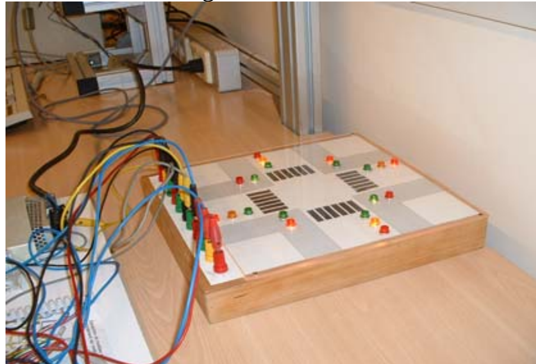


Fig 13. Simulador.

11. Conclusiones finales y trabajos futuros.

En la actualidad hay estudiantes matriculados, que están en su período final del curso, y que a medida que envian y comprueban las prácticas que realizan, también envian una copia de las mismas al profesor-tutor, para su corrección o comentarios.

Hay Universidades de España que han reconocido créditos de libre elección para los estudiantes que sigan este curso.

La UPC expide un título oficial de curso de especialización.

Se mantiene la ilusión y para ello se está trabajando en esta dirección, para que muchas personas puedan seguir este curso con un buen aprovechamiento, especialmente las personas con el mismo idioma (países de Latinoamérica).

Se está traduciendo todo el contenido al idioma inglés, para que los países de Europa y de habla inglesa puedan incluirlo en sus respectivas ofertas de educación a distancia.

Se puede pensar en un curso avanzado que amplíe los conocimientos de los estudiantes que han seguido el curso básico.

También se está pensando en la sustitución del CD teórico por trasladar el contenido del mismo a una plataforma estandar (por ejemplo MOODLE).

Es uno de los trabajos que se incluyen en el proyecto ALFA otorgado por la Unión Europea y que participan 4 países Latinoamericanos (Argentina, Venezuela, Brasil y Cuba) y 3 países europeos (Austria, Portugal y España) además de incluir un trabajo de conexión de laboratorios virtuales y reales, entre los países integrantes del proyecto.